

Original document

Viscosimeter esp. for viscous liquids

Publication number: FR2555316

Publication date: 1985-05-24

Inventor: LAURENT MICHEL

Applicant: SAINT CLOUD ECOLE NORMALE SUPE (FR)

Classification:



- international: **G01N11/14; G01N11/10; (IPC1-7): G01N11/14**

- european:

Application number: FR19830018577 19831122

Priority number(s): FR19830018577 19831122

Also published as:

 DE3442486 (A)
 CH660919 (A5)

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error he](#)

Abstract of **FR2555316**

The test medium is contained in a vessel having a concave bottom in which a ball is located. The ball forms the centre of a rotating magnetic field generated by two pairs of coils to produce laminar fluid flow around the ball. A signal dependent on the torque exerted on the ball due to the viscosity of the fluid is measured. The coils are supplied by a kHz oscillator through a phase splitter and two amplifier. An optical system with a laser is used to measure the period of rotation of the ball and which has stripes or grooves to facilitate observation of its rotation.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication : **2 555 316**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **83 18577**

⑤① Int Cl* : G 01 N 11/14.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 22 novembre 1983.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 24 mai 1985.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE
SAINT-CLOUD, établissement public national. — FR.*

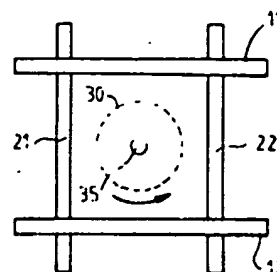
⑦② Inventeur(s) : Michel Laurent.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Netter.

⑤④ Procédé et dispositif pour déterminer la viscosité d'un fluide.

⑤⑦ Une bille d'acier de quelques millimètres de diamètre est mise en rotation par l'action d'un champ magnétique tournant, obtenu à l'aide de deux paires de bobines de Helmholtz 11, 12 et 21, 22. Plongée dans un liquide visqueux, la bille 35 subit un moment de freinage proportionnel à la viscosité, et prend en régime permanent une rotation dont la période est également proportionnelle à la viscosité du milieu liquide à analyser. La rotation de la bille peut être visualisée à l'aide des taches de diffraction obtenues par éclairage de la bille à l'aide d'un faisceau laser selon son axe de rotation.



Procédé et dispositif pour déterminer la viscosité d'un fluide.

5 L'invention concerne la détermination de la viscosité d'un fluide, en particulier d'un liquide, éventuellement pâteux.

10 Les techniques de mesure de viscosité actuellement connues ne permettent pas d'opérer de façon satisfaisante avec une quantité faible de liquide, de l'ordre du centimètre cube ou moins. Par ailleurs, il est souvent nécessaire de travailler sous atmosphère contrôlée, notamment lorsque le liquide à mesurer est agressif ou volatil. Le problème est alors de trouver un moyen de mesure de viscosité qui s'accommode d'une faible quantité de liquide, et qui puisse également être
15 mis en oeuvre dans un récipient clos.

20 La présente invention vient apporter une solution à ce problème. Sont proposés à cet effet un procédé et un dispositif permettant la mise en oeuvre de ce procédé.

D'une manière générale, le procédé proposé comporte les opérations consistant à :

a/. immerger une bille conductrice dans le milieu fluide;

b/. appliquer à la bille un champ magnétique tournant sensiblement centré sur celle-ci, le champ tournant étant tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire, et

5

c/. déterminer une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide.

De préférence, la fréquence du champ magnétique tournant est
10 choisie de l'ordre du kilohertz.

L'étape c/. peut consister à détecter la période ou la vitesse de rotation de la bille. On envoie par exemple un faisceau de lumière parallèle selon l'axe de rotation de la bille
15 et on détecte la rotation des taches de diffraction produites par celle-ci.

En variante, on peut déterminer le couple d'interaction entre la bille et le milieu fluide ou le récipient qui le contient,
20 en régime stationnaire.

Un étalonnage peut être réalisé par l'exécution desdites opérations avec la même bille et le même champ magnétique tournant mais sur un milieu fluide de viscosité connue.

25

L'invention propose également un dispositif pour déterminer la viscosité d'un milieu fluide, qui comprend :

- un récipient possédant un fond légèrement concave, propre
30 à recevoir une bille immergée dans la milieu fluide;

- des moyens générateurs d'un champ magnétique tournant sensiblement centré sur la bille, et tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire,
35 et

- des moyens détecteurs pour déterminer une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide, avec les mêmes variantes que pour le procédé.

5 De préférence, la bille est en un métal conducteur, par exemple l'acier. Pour les fluides corrosifs, elle peut être revêtue en surface d'une couche d'un matériau résistant à la corrosion.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée qui va suivre, ainsi que des dessins annexés, sur lesquels :

15 - la figure 1 est une vue en perspective illustrant la cellule d'un micro-viscosimètre à bille tournante selon l'invention;

20 - la figure 2 est une vue en coupe verticale illustrant schématiquement le récipient contenant le liquide à mesurer et la bille;

25 - la figure 3 est une vue de dessus montrant schématiquement l'application d'un champ magnétique tournant à ce récipient et à la bille;

- la figure 4 est le schéma électrique de principe de l'alimentation de deux paires de bobines pour la création d'un champ magnétique tournant;

30 - la figure 5 est une vue latérale schématique montrant l'observation de la rotation de la bille à l'aide d'un faisceau laser;

35 - la figure 6 est un dessin schématique illustrant la rotation des taches de diffraction produites par le faisceau laser sur la bille; et

- la figure 7 illustre schématiquement une variante de l'invention.

Sur la figure 1, un socle 10 reçoit deux anneaux notés 3 et 5 sur lesquels est bobinée une première paire de bobines identiques parallèles, référencées 11 et 12. Des tiges de fixation telles que 15 permettent le positionnement, à l'intérieur des anneaux 3 et 5 supportant la première paire de bobines 11 et 12, d'une carcasse notée 20 supportant une seconde paire de bobines identiques parallèles 21 et 22, qui s'étendent perpendiculairement aux premières. Au centre de cet ensemble est placé notamment un récipient 30 qui contient le liquide à mesurer et une bille 35 (non visible ici). La carcasse 20 est ouverte sur trois côtés, ainsi que sur le dessus, pour permettre aussi bien l'observation visuelle du récipient 30 que l'accès à celui-ci.

La figure 2 illustre un mode de réalisation du récipient 30. Celui-ci est un récipient fermé de forme cylindrique, dont le fond 34 est légèrement concave (vu de l'intérieur) pour assurer son assiette, en même temps que pour définir pour la bille 35 qu'il contient une position stable par rapport à ladite assiette. La bille 35 est immergée dans le liquide 36 dont on doit mesurer la viscosité.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, le récipient est réalisé à l'aide d'un rôdage classique de chimie scié de façon qu'il n'en reste que le tiers. Les deux parties restantes 31 et 32 du rôdage peuvent s'engager alors l'une sur l'autre en réalisant une étanchéité d'une manière très simple. On remonte le rôdage de sorte que sa partie 31 possède un fond incurvé, tandis que sa partie 32 possède une face supérieure 33 à peu près plane. Comme décrit plus loin, un faisceau laser LE passe à travers la face supérieure 33 du récipient, de façon à venir frapper la bille 35.

La figure 3 fait apparaître les deux paires de bobines 11, 12 d'une part, 21, 22 d'autre part. Celles-ci sont excitées

pour produire un champ magnétique tournant, lequel va appliquer à la bille d'acier 35 un couple tendant à la faire tourner.

- 5 L'expérience montre qu'après un court régime transitoire, la bille tourne autour d'un même diamètre, gardant donc un axe de rotation fixe, sensiblement vertical.

- 10 Bien que différentes manières de créer le champ magnétique tournant puissent convenir, il est estimé préférable actuellement de produire celui-ci sans utilisation d'un circuit magnétique en fer.

- 15 Ainsi, la présente invention utilise de préférence deux jeux de bobines de Helmholtz, l'écartement des deux bobines de chaque jeu étant sensiblement égal à leur rayon. Ces bobines sont montées de manière sensiblement symétrique autour du centre du récipient 30 qui loge la bille 35. L'alimentation des deux bobines peut se faire de la manière illustrée sur
20 la figure 4.

- Un oscillateur 40 produit un signal sinusoïdal de 3 kHz. Ce signal est appliqué à un déphaseur 41 possédant deux sorties notées 0 et $\pi/2$, lesquelles fournissent ainsi des signaux
25 respectifs à 3 kHz, déphasés en quadrature l'un de l'autre. L'un des signaux est appliqué à un amplificateur de puissance 42, dont l'une des sorties est reliée par un condensateur 43 à l'une des bornes de la bobine 11. L'autre borne de cette même bobine est reliée à une borne correspondante de la bobine 12, dont la dernière borne revient enfin vers la se-
30 conde sortie de l'amplificateur de puissance 42. Le même montage est prévu, à partir d'un amplificateur de puissance 44 relié à l'autre sortie du déphaseur 41, pour l'alimentation des deux bobines 21 et 22 montées en série l'une sur
35 l'autre, à travers un condensateur 45. Les condensateurs 43 et 45 sont choisis pour créer un circuit accordé avec leurs bobines respectives, de manière que celles-ci résonnent à la fréquence de 3 kHz de l'oscillateur 40.

On retrouve sur la figure 5, sous forme schématique, l'quipage constitué des deux bobines 11 et 12, ainsi que 21 et 22 (qui apparaissent en superposition). Au centre est illustré le récipient 30 constitué de ses deux parties de
5 rôdage 31 et 32, et enfermant la bille 35 immergée dans le liquide 36. Les mesures de viscosité se faisant la plupart du temps à température stabilisée, le récipient 30 est logé dans une cuve thermostatique de verre 51. L'ensemble cuve-récipient peut être introduit par les orifices latéraux de
10 la carcasse 20 (figure 1). La cuve 51 possède une double paroi, à l'intérieur de laquelle circule de l'eau provenant d'un thermostat proprement dit 55, par des conduits 53 et 54. Les conduits 53 et 54 sont fixés dans une paroi latérale pleine (non visible sur la figure 1) de la carcasse 20. Sur
15 l'ouverture de la cuve à double paroi 51 est placée une lame de verre 50, telle qu'une lame de microscope.

Un laser 60, de faible puissance, produit un faisceau laser qui est réfléchi sur un miroir 61, pour frapper la bille
20 35 selon son axe de rotation. Cette condition peut être satisfaite comme suit : la position angulaire du miroir 61 est ajustable, en rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure 5; l'ensemble de la cellule de mesure avec son bâti 10 est déplacé en translation perpendiculaire-
25 ment au plan de la figure 5, les conduits 53 et 54 étant flexibles.

Un écran dépoli 62 est placé horizontalement au-dessus de la cellule de mesure, le miroir 61 étant suffisamment petit
30 pour n'occulter qu'une faible partie du faisceau renvoyé par la bille. En réponse au faisceau laser, cet écran 62 va être le siège d'une configuration aléatoire de taches de diffraction, illustrée schématiquement en 63 sur la figure 6. Ces taches de diffraction, qui sont dues aux micro-imperfections
35 de surface de la bille, permettent une détection visuelle de la période de rotation de celle-ci. Jusqu'à présent, la mesure a été faite par des techniques classiques d'observa-

tion visuelle et de chronométrie.

On peut également provoquer sur la bille des rayures qui produisent une image de diffraction facilement identifiable, d'où la possibilité d'automatiser la détection de la rotation de la bille. Par ailleurs, un faisceau lumineux parallèle intense et non cohérent peut être utilisé à la place du faisceau laser.

D'autres techniques de mesure de rotation peuvent naturellement être employées.

Bien entendu, on ajuste le champ magnétique tournant, notamment son amplitude, de manière que l'écoulement du liquide sur la bille mise en rotation demeure laminaire. Dans ces conditions, la bille subit un moment de freinage qui est proportionnel à la viscosité. La fréquence du champ tournant pourrait être fixée à d'autres valeurs comprises par exemple entre 100 Hz et 10 kHz.

Il a été observé que la période de rotation de la bille est proportionnelle à la viscosité du milieu, et corrélativement que la vitesse de rotation de la bille est inversement proportionnelle à la viscosité du milieu. De son côté, le moment de freinage exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide est proportionnel à cette viscosité ainsi qu'à la vitesse de rotation de la bille.

Ceci est vrai même si le liquide 36 ne remplit qu'une partie du récipient 30, pourvu que la bille 35 soit bien immergée.

Il semble que le dispositif permette des mesures absolues de viscosité, en particulier lorsque le récipient est entièrement rempli de liquide, et qu'il possède intérieurement une forme géométrique simple, de préférence de révolution, telle que cylindrique ou sphérique. La mesure de la vitesse de rotation de la bille, connaissant le couple qui lui est

appliqué, permet de calculer directement la viscosité, compte tenu des paramètres géométriques de l'ensemble bille et récipient.

- 5 Dans les autres cas, on peut procéder à un étalonnage du dispositif à l'aide d'un mélange de viscosité connue, comme décrit dans l'exemple ci-après.

EXEMPLE :

10

Un micro-viscosimètre a été réalisé avec une bille d'acier de diamètre 4 mm. Le récipient a été réalisé comme précédemment indiqué à partir de rôdages classiques de laboratoires, et présentait finalement une hauteur de 8 mm pour un
15 diamètre d'environ 10 mm. Les bobines de Helmholtz ont été réalisées avec un fil de 0,5 mm bobiné sur des mandrins en Leucoflex. Le diamètre des bobines était d'environ 10 cm. Les grandes bobines possédaient 170 tours pour une inductance de 12,5 mH, et les petites 135 tours pour 5,6 mH. Les condensateurs ont été déterminés en conséquence pour obtenir la
20 résonance.

La partie électronique comportait un générateur basse fréquence et des déphaseurs classiques, suivis d'amplificateurs
25 audiofréquences d'une puissance de 100 watts. Enfin, le laser était un laser à gaz Hélium-Néon d'une puissance de 0,3 mW.

Les essais ont été effectués sur diverses substances. Ont été utilisés, à titre d'étalon, des mélanges eau-glycérol
30 à la température régulée de 20°C. La proportion du glycérol était variable de 80% à 100%, ce qui correspond à des viscosités de 100 à 1500 centipoises environ.

Pour chaque mélange, la vitesse de rotation de la bille
35 a été mesurée dix fois, sur cinq ou dix tours. Les périodes de révolution sont proportionnelles à la viscosité avec une précision de l'ordre de 2%.

Par ailleurs, ont également été effectuées des mesures sur des cristaux liquides lyotropes (mélange ternaire eau-décanol-décylsulfate de sodium), dont les résultats concordent avec ceux d'un viscosimètre à tube capillaire.

5

Une variante de l'invention permet de se passer de la mesure de la vitesse de rotation de la bille. Elle est illustrée sur la figure 7, où le générateur de champ tournant et le thermostat ne sont pas représentés.

10

Le récipient 30 contenant le fluide à mesurer 36 et la bille 35 peut être par exemple suspendu à un fil de torsion 80. La bille 35, dans son mouvement, exerce un couple d'entraînement sur le liquide 36, compte tenu de la viscosité de celui-ci. A son tour, le liquide 36, compte tenu de sa viscosité, exerce un effort d'entraînement sur les parois 31, 32 du récipient 30. Il en résulte alors une torsion du fil 80, que l'on peut mesurer, ou compenser. La connaissance de cette torsion ou du couple nécessaire à sa compensation permet d'accéder à la viscosité du fluide.

15

Dans l'exemple représenté, un miroir 81 monté sur le fil de torsion 80 dévie un faisceau lumineux 82 proportionnellement à l'angle de torsion. Bien entendu, d'autres types de systèmes de torsion peuvent être utilisés.

20

25

Revendications.

1. Procédé pour déterminer la viscosité d'un milieu fluide, caractérisé en ce qu'il comporte les opérations consistant à :
- 5 a/. immerger une bille conductrice (35) dans le milieu fluide (36),
- 10 b/. appliquer à la bille (35) un champ magnétique tournant (11, 12, 21, 22) sensiblement centré sur celle-ci, le champ tournant étant tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire, et
- 15 c/. déterminer (60, 61, 62; 80,81,82) une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que
- 20 la bille (35) est en métal conducteur.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la bille (35) est revêtue en surface d'une couche d'un matériau anti-corrosion.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fréquence du champ magnétique tournant est de l'ordre du kilohertz (40).
- 30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'opération c/. consiste à détecter (60, 61, 62) la période de rotation de la bille, laquelle est sensiblement proportionnelle à la viscosité du milieu fluide.
- 35 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'opération c/. consiste à envoyer un faisceau lumineux

(60, 61) selon l'axe de rotation de la bille et à détecter (62) la rotation des taches de diffraction produites par la bille.

- 5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'opération c/. consiste à déterminer (80, 81, 82) le couple d'interaction entre la bille et le milieu fluide en régime stationnaire.
- 10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par l'exécution desdites opérations avec la même bille et le même champ magnétique tournant sur un milieu fluide de viscosité connue, aux fins d'étalonnage.
- 15 9. Dispositif pour déterminer la viscosité d'un milieu fluide, caractérisé en ce qu'il comprend :
- 20 - un récipient (31, 32) possédant intérieurement un fond légèrement concave (31) propre à recevoir une bille (35) immergée dans le milieu fluide (36),
- 25 - des moyens générateurs d'un champ magnétique tournant (11, 12, 21, 22) sensiblement centré sur la bille (35), et tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire, et
- 30 - des moyens (60, 61, 62; 80, 81, 82) pour déterminer une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide.
- 35 10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la bille (35) est en métal conducteur.
11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que la bille (35) est revêtue en surface d'une couche d'un matériau anti-corrosion.

12. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens générateurs de champ magnétique comprennent deux paires (11, 12; 21, 22) de bobines perpendiculaires, encadrant le récipient, un oscillateur
5 (40) opérant à une fréquence de l'ordre du kilohertz, un déphaseur (41) relié à cet oscillateur, et propre à fournir sur deux sorties des courants déphasés de 90° l'un par rapport à l'autre et deux amplificateurs (42, 44) pour appliquer ces deux courants aux deux paires de bobines, respecti-
10 vement.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la liaison des deux amplificateurs aux deux paires de bobines est accordée (43, 45).

15 14. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que le récipient (30) est entouré d'une cuve thermostatée (51).

20 15. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que les moyens détecteurs (60, 61, 62) sont agencés pour détecter la période de rotation de la bille, laquelle est sensiblement proportionnelle à la viscosité du milieu fluide, le récipient (31, 32) étant fixe.

25 16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens détecteurs comportent une source lumineuse (60, 61) agencée pour envoyer un faisceau lumineux selon l'axe de rotation de la bille et des moyens tels qu'un écran
30 dépoli (62) pour détecter la rotation des taches de diffraction du rayonnement lumineux sur la bille.

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que la bille (35) comporte des rayures provoquées facilitant
35 la détection de sa rotation.

18. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que les moyens détecteurs (80, 81, 82)

sont agencés pour déterminer le couple exercé sur les parois du récipient, en régime stationnaire, du fait de l'interaction entre la bille et le milieu fluide.

1 / 2

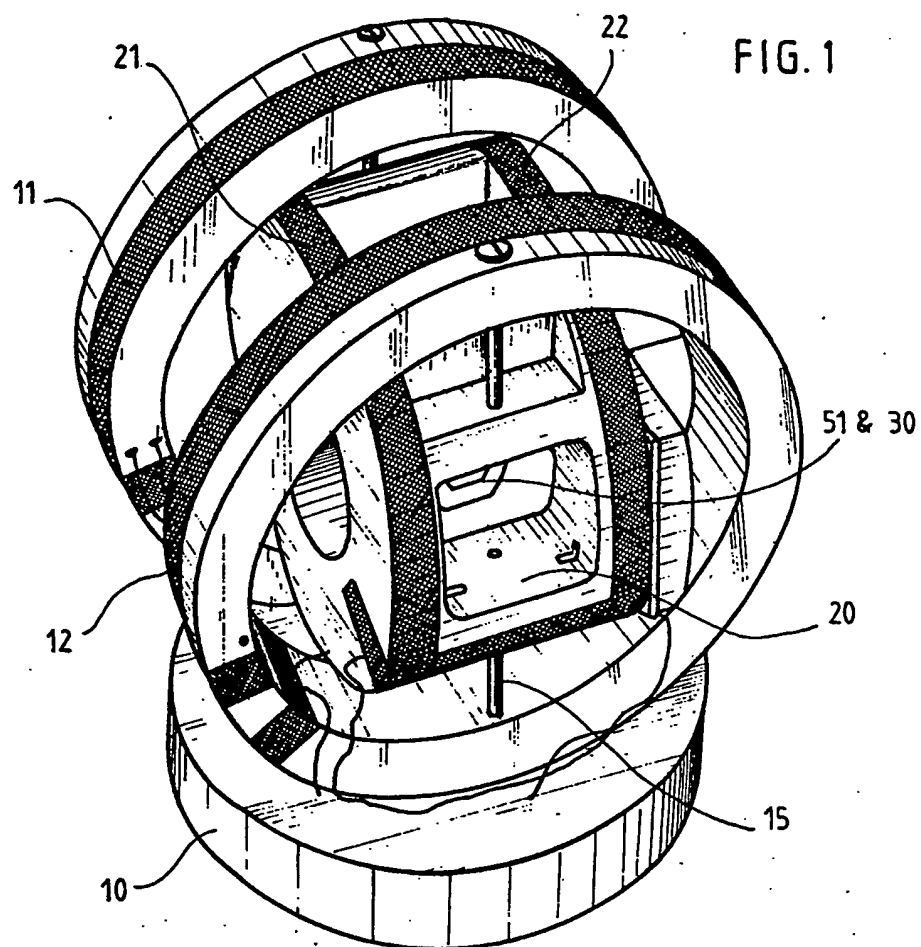


FIG. 2

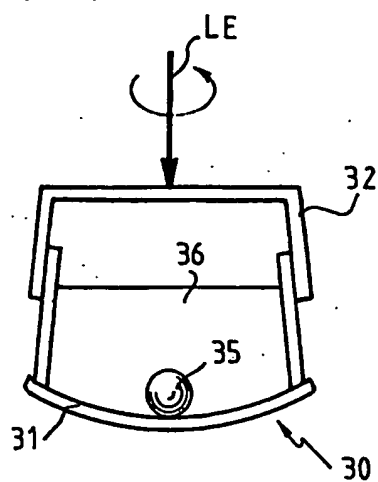


FIG. 3

